E/CONF.39/D/188
15 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : D.3.1

France

QUELQUES APPLICATIONS DE LA TECHNIQUE ET DE LA MISE EN OEUVRE DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES A HAUTE TENSION DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Par Francis TOMMY-MARTIN,
Ingénieur en Chef de COGELEX,
Département Entreprises à l'Exportation
de la Compagnie Générale d'Electricité

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

QUELQUES APPLICATIONS DE LA TECHNIQUE ET DE LA MISE EN OEUVRE DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES A HAUTE TENSION DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT.

par : Francis TOMMY-MARTIN
Ingénieur en Chef de COGELEX
Département Entreprise à l'Etranger du Groupe
de la COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE .

1) INTRODUCTION.-

Les équipements des réseaux électriques à Haute Tension (H.T.) constituent, en quelque sorte, les systèmes sanguins des pays jeunes .

Après un bref rappel de la nature et du rôle de ces équipements, nous examinerons quelles sont les incidences que peuvent avoir les conditions particulières locales sur leur conception technique et sur leur mise en oeuvre .

2) NATURE ET ROLE DES EQUIPEMENTS H.T.-

Situés entre le producteur et le consommateur, les équipements H.T. ont pour rôle essentiel de transporter à distance l'énergie électrique par l'intermédiaire de postes de transformation ou d'interconnexion et de lignes électriques dont les tensions en courant alternatif s'échelonnent aujourd'hui de 15 kV à plus de 500 kV .

Les postes de coupure et de transformation , constituent les noeuds vitaux des réseaux de transport . Ils ont pour rôle :

- de transformer la tension de l'énergie, en vue d'en réduire le coût du transport ;
- de contrôler ce transport et d'en régler la tension ;
- de protéger le réseau complet contre les surcharges et contre les défauts .

Types d'appareils :

Pour remplir ce rôle, les principaux types d'appareils, sont :

- Les Transformateurs de puissance qui ont pour but d'élever ou d'abaisser la tension et également de la régler en partie .
- Les Disjoncteurs qui ont pour mission de couper en charge les artères sous l'action volontaire d'une commande à distance ou sous l'action automatique d'une protection . Ces appareils peuvent être de différents types : à gros volume d'huile, à petit volume d'huile ou à air comprimé .
- Les Sectionneurs qui ont pour fonction d'isoler certains tronçons .
- Les Transformateurs de Mesure , de Courant et de Tension .
- Les Parafoudres protègent le matériel contre les surtensions .
- Les Equipements Basse Tension associés aux équipements H.T. comprenant notamment les pupitres et tableaux de commande, de contrôle et de protection .

3) INCIDENCE DES CONDITIONS LOCALES SUR LA CONCEPTION TECHNIQUE DES EQUIPEMENTS H.T. -

a) Conditions géographiques et climatiques .-

Le retard dans le développement économique et industriel d'une région est fréquemment la conséquence, au moins partielle, de conditions géographiques et climatiques particulièrement dures . L'examen de ces facteurs, souvent nouveaux pour la technique, prend donc sa place dans cette étude .

- La température due à l'ensoleillement a conduit certains constructeurs à prévoir des bâtiments entiers ou des auvents spéciaux pour protéger l'appareillage et les transformateurs, ou bien à utiliser de véritables enveloppes isothermiques quand l'emploi de peinture argentée était insuffisant .

La câblerie de liaison doit être enterrée à profondeur suffisante pour éviter les élévations de température journalière au voisinage de la surface du sol, et les remontées extérieures de câbles doivent être faites de préférence sur les parois non ensoleillées aux heures chaudes .

- Les vents, tornades et cyclônes qui menacent, en permanence certaines régions tropicales nécessitent le renforcement des pylônes .

- Les orages fréquents et violents dans ces mêmes régions ont entrainé des exigences beaucoup plus poussées en matière d'isolement des transformateurs et de caractéristiques des parafoudres .

- Les tremblements de terre répétés justifient l'utilisation de montages souples, ou de dispositif de fixation au sol des transformateurs .

- La nature du sol peut avoir des caractéristiques de dureté très variable suivant les saisons . Ceci est important , par exemple, pour la détermination des massifs de pylônes de ligne . Un sol parfaitement résistant à la pioche, en saison sèche , peut devenir complètement inconsistant à la saison des pluies et il est prudent, lorsqu'on fait une étude d'un tel sol, de noyer le terrain jusqu'à complète saturation pour en faire l'essai .

- Les poussières sont très nocives dans les régions désertiques où elles sont silicieuses et rarement lavées par la pluie. Un remède consiste à rendre complètement étanches tous les mécanismes des appareils par utilisation de joints en matière plastique ; on peut être amené également à carèner certains appareils contre les effets abrasifs des vents de sable , ou encore à installer le poste complet dans un bâtiment spécial avec ventilation d'air à travers des filtres à poussière . A l'extérieur, il est utile parfois de renforcer l'isolement ou de prévoir double artère ou double jeu de barres omnibus afin de pouvoir procéder au nettoyage d'une partie de l'installation, l'autre restant en service .

- L'humidité se rencontre, surtout, dans les régions tropicales et équatoriales ou au voisinage de la mer où elle est aggravée par la salinité de l'air . Nous n'insisterons pas sur ce très vaste sujet qui, avec celui des insectes, de la vermine et des moisissures englobe l'ensemble des problèmes de la " tropicalisation " du matériel. Ces problèmes font depuis de nombreuses années, l'objet de recherches d'études et de rencontres entre constructeurs . Leur examen sortirait du cadre de ce rapport .

- La faune qui vit dans certaines régions sauvages mérite, par contre, d'être évoquée en raison du caractère particulier des déprédations qu'elle provoque plus spécialement sur les lignes aériennes moins surveillées que ne le sont les postes de transformation. C'est le cas des éléphants qui se frottent aux pylônes . On peut remédier à cela, soit en creusant un large fossé autour des pylônes, soit plus économiquement en renforçant le fil de garde monté en tête des pylônes de façon à réaliser comme un haubanage horizontal énergique qui maintiendra en place le pylône même déformé dans sa partie inférieure .

  De même, pour empêcher les singes et les serpents d'accéder aux consoles des pylônes on peut placer à la partie inférieure de l'appui, des tôles inclinées vers le sol.

- Citons encore les feux de brousse dans les zônes de savane . Ils peuvent amener la destruction des poteaux en bois, l'éclatement des isolateurs et même la détérioration des pylônes métalliques . Il importe donc de veiller, beaucoup plus que dans les régions tempérées, sur le maintien des layonnages .

b) Degré d'évolution des réseaux .-

Les caractéristiques principales d'un réseau jeune, sont les suivantes :

- simplicité du schéma : les centrales peu nombreuses, distribution radiale,
- puissances transportées relativement faibles ,
- étendue du réseau vaste en regard de sa puissance .

Sur le plan technique, ceci conduit à :

- L'utilisation de tensions assez élevées pour les puissances transportées .
- Donc, l'utilisation de transformateurs de faibles puissances par rapport aux tensions. Ces appareils présentent la particularité d'avoir des bornes H.T.démesurées .
- L'utilisation de disjoncteurs de tensions élevées à pouvoir de coupure réduit . Exemple: disjoncteurs à 100 kV de 500 MVA seulement soit 5 fois plus faibles environ que ceux habituellement fournis pour la même tension .
- l'adoption de protections simplifiées puisque souvent l'énergie ne s'écoule que dans un seul sens, et permet de se dispenser de protection directionnelle, voire de supprimer le disjoncteur à l'extrémité terminale des lignes .
- le passage direct de la tension de transport d'énergie à celle de distribution sans échelon intermédiaire de répartition . Exemple : réseau 150 kV transformé directement à 15 kV .

c) Conditions Economiques .-

Le financement des équipements constitue toujours une charge lourde pour un pays jeune . D'où la nécessité de concevoir des solutions simples , au besoin perfectibles par la suite . Seules sont à craindre, du fait de cette simplicité, les interruptions de service plus fréquentes, mais cet inconvénient est parfois acceptable quand l'industrie consommatrice n'a pas atteint un développement qui la rende trop exigeante.

Parmi les économies qui peuvent être faites, on peut citer :

- l'utilisation d'un seul jeu de barres omnibus, en premier stade .
- l'emploi de disjoncteurs autonomes du genre à petit volume d'huile,
- la suppression des disjoncteurs dans les travées des transformateurs .
- l'emploi de sectionneurs à deux colonnes .
- l'utilisation de conducteurs en aluminium au lieu du cuivre, etc ...

Dans le même ordre d'idée, il est intéressant de concevoir des solutions techniques faisant appel aux possibilités locales de manière à réduire l'importance du montant d'achat en devises . Un exemple typique est celui de la technique des massifs supports en béton maintenant généralisé dans ces pays puisqu'elle supprime une importation de charpentes métalliques en favorisant par contre la main-d'oeuvre locale .

Certaines solutions modernes peuvent demeurer complètement inintéressantes dans un pays plus à même de fournir lui-même une partie des équipements traditionnels C'est le cas souvent des dispositions classiques à l'intérieur de bâtiment en dur, moins onéreuses pour l'acheteur que des solutions préfabriquées entièrement métalliques .

d) Eloignement entre le fournisseur du matériel et l'exploitant .-

La notion de distance a une incidence très importante sur la conception des équipements en raison du temps nécessaire au remplacement du matériel avarié ou à l'envoi de spécialistes . Il conviendra de choisir, de préférence, un matériel simple et robuste ayant déjà fait ses preuves . Même si cela conduit à des solutions plus coûteuses, le risque d'avarie devra être divisé , en multipliant le nombre de tranches comme, par exemple , dans les centrales hydrauliques à l'accès difficile .

Pour la même raison, il conviendra d'approvisionner un lot de pièces de rechange et d'entretien plus important que pour des équipements situés dans des régions industrialisées . Ces pièces de rechange devront être conservées dans des emballages " longue durée " .

e) Incidence des possibilités réduites du transport .-

Le fait d'être obligé d'embarquer le matériel sur un navire, de le décharger dans un port parfois démuni de moyens importants de manutention, de le transporter ensuite sur des routes non aménagées avec des engins de capacité limitée et sur des ponts risquant d'être insuffisants, oriente le projeteur vers des solutions où l'expédition du matériel peut être divisée par petits colis . Exemple : subdivision des transformateurs de puissance et adoption de trois unités monophasées au lieu d'une grosse unité triphasée .

4) PROBLEMES PARTICULIERS DANS LA MISE EN OEUVRE .-

a) Etudes et Engineering :

La conception générale des équipements H.T. à installer dans un pays jeune doit être dictée par un souci d'adaptation aux conditions locales . Ceci nécessite une connaissance approfondie du pays et de ses coutumes .

Les études d'exécution doivent être menées jusqu'aux plus petits détails non seulement afin d'être rendues plus claires et plus compréhensibles aux yeux des monteurs envoyés au loin et des futurs utilisateurs , mais encore afin de permettre un dénombrement exact du petit matériel à expédier, et d'éviter ainsi des oublis dont les conséquences néfastes sont décuplées par la distance .

Enfin, le matériel susceptible de perte, de casse ou de vol doit être prévu largement (isolateurs, cuivre, boulons, etc ...)

D'autre part, on ne saurait trop insister ici sur l'importance de l'internationalisation rapide d'un certain nombre de normes électriques qui pourraient être adoptées sans difficultés par l'ensemble des pays en voie de développement . Cette question est capitale et on ne peut qu'encourager les efforts pratiqués dans ce sens par la Commission Electrique Internationale (C.E.I.) et émettre le voeu de voir se généraliser les normes qu'elle édicte .

b) Difficultés rencontrées dans le transport .-

Le matériel électrique souvent fragile risque des entreposages prolongés dans de mauvaises conditions (voyage en mer, lenteurs en douanes, absence de magasins appropriés, etc ...) . En outre, les manipulations nombreuses par un personnel peu habitué à ce genre de matériel, ont conduit à revoir complètement la conception des emballages . Certains emballages d'isolateurs, par exemple, sont plus coûteux que leur contenu .

Dans les régions à l'accès vraiement difficile, ce qui est le cas de certaines lignes H.T., le transport par hélicoptère s'est trouvé être moins coûteux que celui qui aurait consisté à construire des voies d'accès .

c) Montage .-

Une première nécessité s'impose ; l'envoi sur place d'une main-d'oeuvre qualifiée faute, généralement, de pouvoir la recruter localement. Le choix des Ingénieurs et Chefs monteurs ainsi envoyés au loin devra être particulièrement sélectif et porter, non seulement , sur les capacités techniques des intéressés, mais aussi sur leurs qualités humaines en raison des relations qu'ils seront amenés à avoir avec des autochtones dont une partie sera placée sous leurs ordres .

La connaissance de la langue du pays est particulièrement recommandée .

Ne pas oublier de prendre un outillage robuste . Les châssis et carrosseries des véhicules de chantiers sont plus vite hors d'état que les moteurs .

Une règle importante, pour la bonne exécution d'un chantier : le personnel envoyé sur place doit pouvoir bénéficier de conditions de vie convenable, sous peine d'une baisse de rendement notable .

5) FORMATION DU PERSONNEL AUTOCHTONE . -

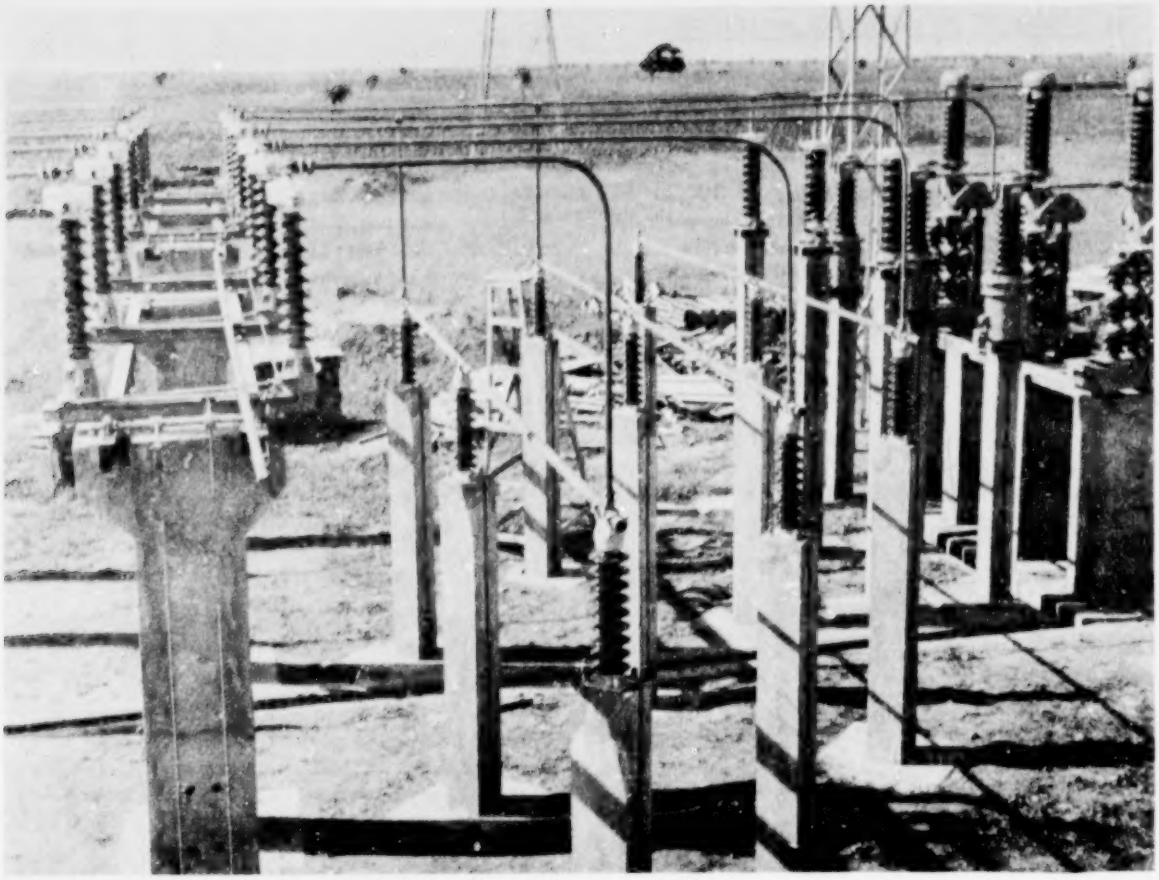
La formation d'une élite technique constitue l'aide économique la plus efficace qui puisse être faite aux pays en voie de développement .

Il faut donc éviter de livrer des équipements trop complexes sans s'être assurés d'une formation convenable du personnel local appelé à prendre en main leur exploitation . Les contrats de ventes de grands ensembles devront donc prévoir une clause de formation de personnel et de maintenance des installations après leur mise en service , sous la surveillance de Techniciens compétents .

Pour l'acheteur, la meilleure manière de former rapidement son personnel technique est de le faire participer effectivement aux travaux de montage et de règlage du matériel .

Cette formule doit être complétée par celle des stages d'Ingénieurs et Techniciens dans les fabriques des constructeurs, ainsi que dans les Centrales et Postes de transformation de réseaux électriques déjà évolués, leur donnant une idée anticipée de leur propre réseau .

* *
*



Exemple de Poste 60 kV économique avec : - sectionneurs simples à deux colonnes,
- jeu de barres omnibus unique, - massifs supports en maçonnerie .

1794 F - Nov. 1962 - 1,000